

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année Scolaire 1938-1939 — N° 77

Contribution à l'Étude
Hydrogéologique, Biologique
et Thérapeutique des Eaux Minérales
de Vals-les-Bains

THÈSE

PRÉSENTÉE

à la FACULTE de MÉDECINE et de PHARMACIE de LYON

et soutenue publiquement le 31 Mars 1939

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Georges BRESSOT

Ancien Externe des Hôpitaux de Lyon

Ancien Interne des Hôpitaux et de la Maternité de Saint-Etienne

Né le 11 Novembre 1913, à VALS-LES-BAINS (Ardèche)



LYON

BOSC Frères M. & L. RIOU

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

42, Quai Gailleton, 42

—
1939

Contribution à l'étude
hydrogéologique, biologique et thérapeutique
des eaux minérales de Vals-les-Bains

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année Scolaire 1938-1939 — N° 77

Contribution à l'Étude
Hydrogéologique, Biologique
et Thérapeutique des Eaux Minérales
de Vals-les-Bains

THÈSE

PRÉSENTÉE

à la FACULTE de MÉDECINE et de PHARMACIE de LYON

et soutenue publiquement le 31 Mars 1939

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Georges BRESSOT

Ancien Externe des Hôpitaux de Lyon

Ancien Interne des Hôpitaux et de la Maternité de Saint-Etienne

Né le 11 Novembre 1913, à VALS-LES-BAINS (Ardèche)



LYON

BOSC Frères M. & L. RIOU

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

42, Quai Gailleton, 42

—
1939

PERSONNEL DE LA FACULTE

doyen honoraire	M. L. HUGOUNENQ
Doyen	M. J. LEPINE.
Assesseur	M. A. MOREL.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. LANNOIS, HUGOUNENQ, PIC, CONDAMIN,
PAVIOT, NICOLAS, VILLARD,, NOVE-JOSSERAND, TIXIER, COLLET, GAYET, CLUZET

PROFESSEURS

Cliniques médicales	}	MM. FROMENT
Cliniques chirurgicales		SAVY.
Clinique obstétricale et Accouchements		PATEL.
Clinique ophtalmologique		BERARD.
Cliniques dermatologique et syphiligraphique		VORON.
Clinique neurologique et psychiatrique ..		BONNET.
Clinique médicale infantile		FAVRE.
Clinique gynécologique.....		LEPINE (J.).
Clinique Oto-rhino-laryngologie		MOURIQUAND
Clinique urologique.....		COTTE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie		REBATTU.
Clinique et prophylaxie de la tuberculose		CIBERT.
Clinique des maladies infectieuses		TAVERNIER.
Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie		COURMONT
Chimie biologique et médicale		J. CHALIER
Chimie organique et Toxicologie		PONTHUS.
Matière médicale et Botanique		FLORENCE
Parasitologie et Histoire naturelle médicale		MOREL.
Anatomie		MANCEAU.
Histologie		GUIART.
Physiologie		LATARJET.
Pathologie interne		POLICARD.
Pathologie générale et thérapeutique		HERMANN.
Anatomie pathologique		CORDIER.
Chirurgie opératoire		CADE.
Médecine expérimentale et comparée et Bactériologie		J.-F. MARTIN.
Médecine légale		SANTY.
Hygiène		ARLOING (F.)
Pharmacie et Pharmacologie		Etienne MARTIN
Hydrologie thérapeutique et Climatologie		ROCHAIX.
		LEULIER.
		PIÉRY.

PROFESSEURS TITULAIRES SANS CHAIRE

Chargé d'un cours d'Anatomie médico-chirurgicale	MM. THEVENOT (Léon)
Chargé d'un cours d'Embryologie	NOEL.

AGREGES

MM.	MM.	MM.	MM.
GABRIELLE	GUILLEMINET	DE ROUGEMONT	MORIN
DECHAUME	MORENAS	P. RAVAUT	BERTRAND.
BERNHEIM	REVOL	PIGEAUD	CLAVEL
POLLOSSON	ENSELME	CROIZAT	LEVRAT
CHAMBON	SEDALLIAN	DELORE	
EPARVIER	CREYSSEL	JOSSERAND	



EXAMINATEURS DE LA THESE

MM. PIÉRY, *président* ; CHALIER, *assesseur* ;
POLLOSSON et ENSELME.

La Faculté de Médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A LA MEMOIRE DE MES GRAND-PERES

Le Docteur H. CHARVET
Médecin Consultant aux Eaux de Vals

et

Le Docteur S. BRESSOT

A LA MEMOIRE DE MON PERE

Le Docteur C. BRESSOT

Médecin Consultant aux Eaux de Vals

Il m'a laissé le cher souvenir du meilleur des pères et l'exemple d'une vie entièrement consacrée au devoir professionnel. La mort l'a enlevé à notre affection en pleine activité à l'heure où, jeune étudiant en médecine, ses conseils paternels m'auraient rendu les plus grands services.

Elevé par lui dans le culte de la carrière médicale que j'ai à mon tour choisie, j'aurai constamment présent à l'esprit le souvenir de son dévouement et de sa bonté pour tous ceux auxquels il prodiguait ses soins.

A MA MERE

Que ma mère regarde ce modeste ouvrage comme la consécration de mes études médicales dans lesquelles ses encouragements ne m'ont jamais manqués.

Je lui garde ma profonde reconnaissance pour tous les sacrifices que je lui ai coûtés et que son amour maternel m'a offerts sans compter.

A mes frères et sœurs et à moi-même, elle a voué toute son affection et la mort de mon père nous a plus étroitement resserrés autour d'elle.

Je voudrais que ce travail lui soit un témoignage de ma gratitude infinie.

A MON ONCLE

Le Médecin Colonel Eugène BRESSOT

En souvenir de ce que je lui dois
pour l'intérêt qu'il me porte, lui qui,
par sa généreuse affection, m'a constamment encouragé dans mes études médicales.

Qu'il croie à mon affectueuse reconnaissance.

A MES FRERES ET SŒURS

A MES PARENTS

A MES AMIS

A MES CAMARADES

DE L'INTERNAT STEPHANOIS

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur PIERY

Professeur d'Hydrologie thérapeutique et de Climatologie

Il a bien voulu nous indiquer le sujet de ce travail. Nous lui sommes profondément reconnaissant du grand honneur qu'il nous fait en présidant notre Jury de Thèse et nous le prions de trouver ici l'expression de notre gratitude.

AUX MEMBRES DE NOTRE JURY DE THESE

A Monsieur le Professeur J. CHALIER

Professeur de Clinique Médicale

Nous ne saurions oublier les marques de sympathie qu'il nous a toujours accordées au cours de nos études.

Il a été pour nous un conseiller éclairé.

Nous le prions d'agréer nos sincères remerciements.

A Monsieur le Professeur Agrégé POLLOSSON

Nous avons gardé le meilleur souvenir du semestre d'Externat passé dans son service.

Il nous montre encore tout l'intérêt qu'il veut bien nous porter en acceptant d'être de nos juges.

Qu'il veuille trouver ici l'expression de nos sentiments reconnaissants.

A Monsieur le Professeur Agrégé ENSELME

Docteur ès-Sciences

A lui va toute notre reconnaissance,
car nous lui devons la majeure partie
de ce travail.

Nous voudrions pouvoir en ces
quelques mots lui exprimer notre in-
finie gratitude, pour tout ce que nous
lui devons : ses bienveillants conseils,
son aide si précieuse.

Qu'il veuille bien trouver ici le té-
moignage de nos sentiments de res-
pectueux attachement.

A Monsieur le Docteur MILHAUD

Chef de Laboratoire d'Hydrologie

Il a bien voulu s'intéresser à ce travail.

Nous le remercions des conseils qu'il nous a prodigués et de sa bienveillance à notre égard.

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX

HÔPITAUX DE LYON

Monsieur le Docteur PALLASSE

Externat :

Monsieur le Docteur RICARD

Monsieur le Professeur Agrégé ROCHET

Monsieur le Professeur Agrégé POLLOSSON

Monsieur le Professeur NICOLAS

Monsieur le Professeur FROMENT

Monsieur le Professeur Agrégé ROUBIER

HÔPITAUX DE SAINT-ETIENNE

Internat :

Monsieur le Docteur MULLER

Monsieur le Docteur PERRENOT

Monsieur le Docteur GIGNOUX

Monsieur le Docteur DUJOL

Monsieur le Docteur BOUQUIN

Contribution à l'étude
hydrogéologique, biologique et thérapeutique
des eaux minérales de Vals-les-Bains

AVANT-PROPOS

Nous ne voudrions pas commencer ce travail sans nous acquitter d'un devoir qui nous est cher. Nous tenons à remercier encore la Société Générale des Eaux de Vals Saint-Jean en la personne de ses administrateurs, notamment M. Chalamon, Administrateur délégué et de son Directeur technique, M. Reynaud, qui se sont mis à notre entière disposition pour la réalisation de certaines de nos expériences que nous avons pu effectuer grâce à eux au griffon même de la source.

Nos remerciements iront enfin à notre excellent ami, Paul Leynaud, Pharmacien à Vals, ancien interne des Hôpitaux de Lyon, diplômé d'Hygiène et de Bactériologie et à M. Levan Sen, licencié ès-sciences, qui ont bien voulu réaliser pour nous un délicat travail scientifique ainsi qu'au Docteur Maurice Uzan qui nous a fait part de quelques-unes de ses observations cliniques.

PREMIÈRE PARTIE

**HYDROGEOLOGIE
DES SOURCES DE VALS ⁽¹⁾**

(1) En collaboration avec M. le Professeur agrégé Enselme.

CHAPITRE PREMIER

Nous exposerons successivement dans ce chapitre les données géologiques classiques concernant la région de Vals, nos recherches originales sur ce sujet et enfin les conclusions générales auxquelles conduisent les chapitres précédents au sujet de l'origine de la minéralisation des sources de Vals.

I. — Les données classiques concernant la géologie de la région de Vals

Le soubassement de la région de Vals est formé à l'origine par des terrains granitiques et gneissiques qui butent par failles contre des terrains secondaires. Au travers de ces différentes formations se sont fait jour à différentes époques, diverses éruptions volcaniques qui semblent avoir joué dans la genèse des sources de Vals, un rôle beaucoup plus grand que celui qu'on avait pu leur supposer jusqu'à présent. Nous allons examiner en détail chacun de ces points.

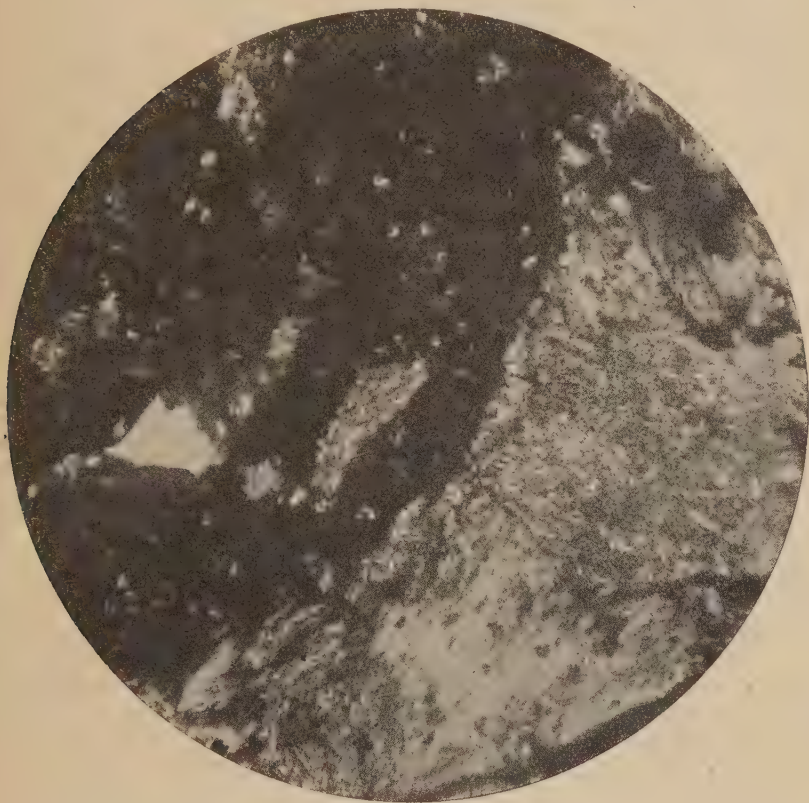
A. — Le granit et les gneiss qui forment la base des terrains de Vals se sont très vraisemblablement constitués sous l'action du métamorphisme sur des terrains antécarbonifères. Les formations métamorphisées

ont joué en provoquant la formation de grenats signalés par Uzan et Rabany, dans le granit du lit de la Volane près du pont du Casino.

En outre ces mêmes auteurs signalent la venue au jour d'un granit porphyroïde qui se distingue du granit gris de Vals par des lames de mica plus grandes, des cristaux de quartz blancs ou gris un peu translucides et de feldspath opaques blanc ou rosé, on le voit, disent-ils, aux environs de Vals, où il a empâté les fragments de gneiss qui ne présentent jamais de traces de fusion ou de scorification, on peut l'observer sur la route de Vals à Aubenas, près du pont de Lautaret et sur le chemin de Vals à Ucel.

B. — La faille a été décrite par Emile Haug, elle descend depuis La Voulte au nord, jusqu'aux Vans au sud sur une longueur d'environ 65 km. à la limite des terrains anciens et des terrains jurassiques de la bordure, elle est bien suivie dans les terrains stratifiés où elle est continue, mais ses branches ouest toujours possible n'ont pas laissé de traces visibles dans le granit. Dans la région qui nous occupe, c'est-à-dire entre Saint-Etienne-de-Boulogne et la Chapelle-sous-Aubenas, la faille « est presque rectiligne sur une longueur de 19 km.; elle est à peu près verticale et présente un assez faible rejet, le Bajocien venant buter contre le Bathonien, ou le Lias supérieur contre le Callovien. Sur une partie de ces parcours la faille principale est d'ailleurs accompagnée d'autres failles qui lui sont plus ou moins parallèles et qui déterminent une descente en gradins depuis les hauteurs du Plateau Central jusqu'aux Grès jurassiques.

Ailleurs cependant, comme par exemple, entre Joyeuse et Les Vans, le Trias et l'Oxfordien se trouvent souvent en contact immédiat ». L'âge de cette faille



Coupe microscopique de la roche recueillie au griffon de la Source
Sophie.

(Noter l'aspect anguleux du fragment de quartz à gauche de la coupe.)

doit être discuté, nous ne saurions mieux faire que de reproduire ici les termes mêmes par lesquels Haug pose le problème.

a) Tout se passe à première vue comme si les termes moyens du terrain jurassique reposaient en transgressivité sur les termes inférieurs, sur le trias ou sur les schistes métamorphiques. Mais on n'observe jamais à la base de la série supérieure la moindre trace de conglomérats par lesquels débutent souvent les terrains transgressifs; la surface supérieure de la série inférieure ne présente pas davantage de surfaces ravinées, taraudées, telles qu'on les rencontre presque toujours dans les cas de lacune par absence de dépôt. La série supérieure débute tantôt par le Bathonien, tantôt par l'Oxfordien, représentés toujours par le faciès vaseux à céphalopodes. Il ne peut donc être question ici d'une transgression mésojurassique.

b) Il ne peut s'agir davantage d'un chevauchement dû à des poussées tangentielles ou d'une nappe de charriage, car on observe nulle part la moindre trace d'étirements ou de plissements. D'ailleurs, le passage graduel des parties de l'accident où la faille est oblique à des parties où elle est à peu près verticale est difficilement conciliable avec cette interprétation.

c) On pourrait songer plutôt à un simple affaissement de la bordure du Plateau Central sous l'action de la pesanteur, tel qu'il a certainement eu lieu sur le pourtour de nombreux horst, mais le morcellement des compartiments effondrés serait plus considérable, la bordure secondaire prendrait l'aspect d'une véritable parquetterie, notamment dans l'angle rentrant du col de l'Escrinet, où l'on ne trouve rien de semblable qui frappe l'observateur et l'on rencon-

trerait certainement par places comme sur le bord des Vosges, des plongements dirigés en sens inverse, vers le massif ancien.

d) Si la bordure ne s'est pas affaisée, on doit admettre par contre, que c'est le Plateau Central qui s'est soulevé. L'oscillation verticale qu'il aurait subie



Fragment de quartz sur lequel sont déposés des cristaux de sulfure de fer et de mispickel.

peut être rangée dans la catégorie des mouvements épirogéniques, qui peuvent affecter non seulement les continents mais encore les aires de surélévation de moindre étendue. Lors du mouvement ascensionnel, des ruptures se sont produites sur la périphérie, donnant lieu tantôt à des failles verticales, tantôt à

des failles obliques avec superpositions simulant des transgressions. La bordure secondaire du fait de poussées inégales, a subi des gauchissements et les couches rigides du jurassique supérieur se sont rompues. C'est ainsi qu'ont pris naissance le champ de fractures de Chandolas étudié par M. Cayeux et celui que M. Kilian a décrit entre Chomérac et Le Pouzin.

c) Tous ces accidents sont antérieurs à la coulée de basalte du plateau des Coirons et semblent n'être que la répercussion de mouvements épirogéniques plus anciens auxquels peuvent être attribués les lacunes dans la série des dépôts jurassiques de l'Ardèche : lacune entre les calcaires de la zone à *Arietites Bucklandi*, et les calcaires gréseux à *Zeilleria cornuta* (sommet du Lias moyen), lacune entre le Callovien et l'Argovien à Joyeuse, et en quelques autres points de la bordure.

EN RÉSUMÉ *il existe dans la région de Vals une grande faille bien visible à quelques kilomètres de cette ville, dans les terrains stratifiés qui viennent au contact des granits de Vals. Cette faille a sans doute joué un rôle important dans les poussées volcaniques et dans les venues hydrominérales de la région. Cependant, par suite de l'homogénéité du terrain les branches latérales qu'elle a pu émettre dans le granit ne sont pas visibles et nous sommes réduits à ne faire là que des hypothèses.*

C. — Nous avons vu que dans le granit se rencontrent des formations porphyroïdes témoins de manifestations endomorphiques hercyniennes; c'est très

probablement à la phase d'apaisement de cette activité (Trias ?) que se sont formés les nombreux filons de quartz que l'on rencontre au contact même des sources. Leur surface de séparation avec le granit crée d'une part un plan de moindre résistance que suivent bien souvent les filons hydrominéraux et d'autre part un plan de cristallisation ou dans un cas (Source Dominique) sont venus se déposer des cristaux de sulfure métallique qui communiquent à l'eau de cette source la portion la plus originale de sa minéralisation.

D. — La coulée des Coirons est trop éloignée de la ville de Vals pour qu'on puisse penser a priori qu'elle ait pu jouer un rôle quelconque dans la minéralisation de ses eaux. Cependant nous serons amené à faire allusion au système volcanique qu'elle représente pour expliquer certains faits que nous avons personnellement observés. C'est pourquoi nous la décrirons succinctement.

Boule lui reconnaît deux niveaux :

a) Une coulée inférieure composée de roches à texture fine, compacte, allant des andésites augitiques aux basaltes normaux. Les recherches de Torcapel ont montré que ces coulées remontent au miocène supérieur, à Aubinias des tuffs basaltiques renferment des ossements de mammifères fossiles que Gaudry rapporte aux espèces de Pikermi.

b) Une coulée supérieure de basaltes porphyroïdes occupant toute la surface des Coirons. Leur condition topographique qui en fait des plateaux les fait considérer comme très anciens et comme ayant suivi de très près les éruptions du Miocène supérieur. Ils for-

ment en effet une ligne continue d'escarpements nettement antérieur au creusement de la vallée du Rhône et des vallées affluentes de l'Heyrieux et de l'Ardèche. Munier-Calmas a montré que ces vallées renferment des dépôts marins du Pliocène moyen avec cailloux roulés de roches volcaniques. Les coulées superficielles des Coirons sont donc antérieures au Pliocène moyen.

E. — Beaucoup plus proches de Vals et ayant joué, pensons-nous, un rôle considérable dans la formation de ses sources, se trouvent les chaînes volcaniques du Vivarais. Elles sont alignées en deux lignes droites en direction N.O.-S.E. La première chaîne comprend : la Coupe d'Aizac, le pic de l'Etoile et le Ray-Pic. La deuxième chaîne comprend les volcans de Jaujac, de Soulhiols, de Thueyts, de la Gravenne de Montpezat, des sucs de Pal et de Bauzon.

La Coupe d'Aizac est le plus proche de ces volcans, quelques kilomètres seulement le séparent de Vals. M. Boule en donne la description suivante : « La Coupe d'Aizac tire son nom du cratère dont le sommet de la montagne volcanique est creusé. Celle-ci est d'une régularité parfaite (814 m. d'altitude). Le cratère est un des plus beaux qui se puissent voir. Parfaitement circulaire il présente au N.E. une légère échancrure d'où sort une coulée de basalte qui s'épanche dans la vallée de la Volane. D'abord continue, la coulée ne tarde pas à se fragmenter en une série de petits lambeaux qui se poursuivent jusque près de Vals, tantôt à droite, tantôt à gauche du tor-

rent, dans un paysage granitique des plus pittoresques ».

Ces volcans du Vivarais représentent une des formations éruptives des plus jeunes de France. M. Boule donne de cette opinion trois raisons :

a) Leur parfait état de conservation qui les apparentent aux volcans du Puy-de-Dôme;

b) Leurs coulées de lave qui ont une forme en courants, se déroulant sur de longues étendues dans le fond des vallées;

c) Enfin leur couronne de phénomènes hydrothermaux avec mofettes de gaz carbonique et venues d'eaux hydro-minérales qui à Saint-Laurent atteignent la température de 54°.

Il s'agit très probablement de formation pléistocène. Elle semble bien a priori avoir joué un rôle capital dans la formation des sources de Vals. Nous allons nous efforcer de montrer que nos observations personnelles confirment ce point de vue.

II. — Recherches personnelles

Un troisième phénomène géologique du type volcanique nous paraît avoir joué un rôle plus important encore. C'est l'ascension dans la profondeur d'une éruption apportant des éléments volcaniques riches en silice, ascension réalisée dans les failles mêmes qui ont donné naissance au filon hydrominéral des sources. Elle n'a pas cependant atteint la surface et ne nous est révélée que par l'observation suivante.

Une roche a été découverte à la Source Sophie de Vals-les-Bains à une profondeur de 5 m. 11, au moment des travaux effectués pour le forage.

Il s'agit d'une roche gris clair, ayant un aspect volcanique, très résistante. L'étude d'une coupe microscopique a montré des cristaux de quartz extrêmement anguleux ne permettant pas de songer à une roche déposée après transport de microgalets. Une étude effectuée par M. le Professeur agrégé Viret, chef de travaux de Géologie à la Faculté des Sciences de Lyon, lui a permis de définir une roche volcanique assez vitreuse, à texture fluidale, un peu scoriassée. La teinte claire de la roche, la présence de quartz libre font penser à une rhyolithe ou à une dacite.

Une analyse chimique pratiquée par M. le Professeur agrégé J. Enselman a donné les résultats suivants :

Eau	15 %	Ca	1,6 %
Si O ²	61 %	Mg	0,2 %
Al	8,2 %	Na	0,4 %
Fe.....	8,8 %	K	0,3 %

Comme on le voit, il s'agit d'une roche fortement hydratée, ce qui est assez logique puisqu'elle a été trouvée au contact même du filon hydrominéral. Au total, il s'agit d'une roche volcanique riche en silice.

Elle est très différente des basaltes de la coupe d'Aizac. Une coupe de cette roche nous a montré des basaltes récents très riches en olivine, augite, oxyde magnétique de fer.

L'âge de cette éruption ne peut être fixé bien entendu d'après ces seuls documents.

Cependant sa présence dans le filon hydrominéral d'une des sources de Vals montre la liaison probable des sources de cette station avec les phénomènes volcaniques qui à diverses périodes ont bouleversé cette région.

III. — Origine de la minéralisation des Eaux de Vals

Quatre points paraissent importants à fixer :

1° La présence dans la région de Vals et particulièrement à côté de l'établissement balnéaire de Moffettes nous permettant d'affirmer que l'anhydride carbonique de cette eau reconnaît une origine profonde. Un certain nombre d'autres ions sont peut-être dissous à la faveur d'eau chargée en CO_2 dans les régions les plus profondes du filon hydrominéral. En l'état actuel de nos connaissances, il s'agit d'un point trop délicat à fixer pour que nous insistions à son sujet.

2° L'origine de la silice peut être discutée, nous avons toujours pensé qu'elle pouvait être empruntée au granit traversé, naturellement riche en silice. La découverte de la roche du type rhyolithe, elle-même très riche en silice, nous autorise à nous demander si elle ne représente pas pour cet ion la source la plus importante. L'état très avancé de décomposition de cette roche, décomposition par pénétration aqueuse, plaide en faveur de cette hypothèse.

Si l'on examine la teneur en silice des différents griffons de Vals, on voit que la source Sophie qui justement a fourni l'échantillon de rhyolithe étudié, y tient une place des plus honorables; on a en effet les teneurs suivantes de silice exprimées en milligramme par litre :

Saint-Jean	2,1	Perle 7	96
Béatrix	11,4	Sophie	102
Reine	52	Désirée	103,3
Favorite	70	Alexandre	112
Souveraine	78,8	Constantine	112
Précieuse	92		

Plus intéressante encore est l'étude du pourcentage de la silice par rapport à la minéralisation, un calcul d'après les données classiques à ce sujet, nous a fourni les chiffres suivants :

Souveraine	5,9	Constantine	1,8
Précieuse	2	Désirée	1,7
Sophie	2	Béatrix	1,05
Alexandre	1,8	Saint-Jean	0,11

On voit que là encore, la source Sophie tient une place de tout premier rang qui vient, elle aussi, à l'appui de notre hypothèse.

3° Un élément chimique très important de la minéralisation se rencontre avec une intensité telle dans l'eau de la source Dominique qu'il modifie l'aspect chimique et clinique de cette source. C'est la présence de fer et d'arsenic. Il est classiquement admis, à Vals, que cette portion ferro-arsenicale de la miné-

ralisation de cette source provient de dépôts de mispickel placé au flanc d'un filon de quartz bien visible à la sortie même de la grotte de cette source. Un échantillon de ce dépôt de sulfure a été envoyé au Docteur Enselme en fin d'analyse; celui-ci s'aperçut qu'on pouvait reconnaître à première vue des cristaux de sulfure de fer décelables par leur coloration jaune, par contre, il ne lui fut pas possible de déceler la présence du mispickel. Il ne fut pas plus heureux sur une coupe microscopique dans laquelle, au moment de la préparation, les cristaux métalliques furent arrachés et ne laissèrent de visible que leur empreinte. Par contre, la recherche de l'arsenic par la méthode de Cribier, montrait une quantité importante de ce corps. On peut donc penser au total à la présence d'un mélange de pyrite et de mispickel.

4° L'eau des sources de Vals est elle-même encore d'une origine imprécisable. Le fait que les sources ne sont pas hyperthermales, laisse penser que l'eau a cheminé longuement et lentement dans le filon hydro-minéral après être venu soit de la profondeur, soit d'infiltration superficielle.

On voit que le problème reste encore obscur et mal défini, néanmoins nous pensons par l'apport d'un fait nouveau, avoir jeté quelques clartés sur l'origine de ces sources et le rôle que les phénomènes volcaniques ont pu y jouer.

DEUXIÈME PARTIE

LA SOURCE DOMINIQUE

CHAPITRE PREMIER (1)

DOCUMENTS RELATIFS A LA SOURCE DOMINIQUE

Nous plaçons en tête de cette étude deux documents relatifs à la source Dominique : l'un rapportant une analyse des eaux de cette source due à Bonjean, pratiquée en 1910; l'autre dû à Enselman et Jourdain rapportant l'analyse des boues de cette source :

1° ANALYSE DE L'EAU DE LA SOURCE DOMINIQUE.

ions :

Potassium	en	KOH	ou	0,017
Sodium	--	NaOH	--	0,092
Calcium	--	CaO	--	0,0136
Strontium	--	Sr	--	traces
Magnésium	--	Mg	--	0,03
Fer	--	Fe ² O ³	--	0,013
Manganèse	--	Mn	--	traces
Sulfurique	--	SO ³	--	0,2
Nitrique	--	NO ³	--	traces
Arsenique	--	As	--	0.0034

(1) En collaboration avec M. le Professeur agrégé Enselman.

Chlore	—	Cl	—	0,002
Silice	—	Si O ²	—	0,041
Anhydride carbon....	—	CO ²	—	0,287
Poids du résidu à 180°..			—	0,628

2° ANALYSE DES BOUES DE LA SOURCE DOMINIQUE.

Fe	38,12	CO ²	0,248
Al ² O ³	9,78	PO ⁴ H	0,027
Ca	5,12	Fl	0,038
As	0,235	B ² O ³	0,005
Mn	0,008	S et HS	indosables
Mg	0,328	N total	0,077
Cl	traces	N aminé	0,000112
Si O ²	7,38	N ammoniacal... .	0,031
SO ³	0,274	Insol. dans HCL.	6,94
Perte en rouge..	0,954		

En outre, en étudiant comparativement la proportion d'arsenic dans les boues de différentes stations hydrominérales, MM. Piéry, Enselme et Jourdain ont montré que l'arsenic est, dans ces boues, entraîné probablement par adsorption sur le fer qui se précipite sous forme d'hydrate. Cependant à Vals, les boues de la source Dominique contiennent une quantité d'arsenic qui semble dépasser la dose prévisible par le phénomène d'adsorption. On peut donc penser que dans l'eau de cette source, l'arsenic se trouve à un état différent de l'état ionique, peut-être à l'état colloïdal.

CHAPITRE II

LE FER EN BIOLOGIE NORMALE ⁽¹⁾

Le fer semble avoir en biologie normale trois rôles :

1° Un rôle de réserve, le fer de cette portion étant destiné à l'alimentation en fer des deux autres portions.

2° Un rôle comme agent de transport de l'oxygène, c'est le fer de l'hémoglobine du sang.

3° Un rôle comme agent d'activation de l'oxygène, c'est tout spécialement le fer du cytochrome des tissus.

Nous allons successivement étudier chacune de ces formes du fer :

1° Le fer de réserve :

Il existe dans tous les tissus un fer non lié organiquement. Il semble bien que ce fer « anorganique » soit essentiellement un fer de réserve.

Par une technique spéciale (dont on trouvera la

(1) En collaboration avec M. le Professeur agrégé Enselme.

description dans la thèse de Héry), Thompsett a pu le doser, il donne en milligrammes et par kilog. de tissus frais, les chiffres suivants :

Rein : de 5 à 10; cerveau : de 6 à 14; rate : de 96 à 164; pancréas : de 6 à 18; vertèbre : de 111 à 128; côtes : de 103 à 146. Par une méthode très voisine, Enselmee et Héry en ont trouvé dans les muscles de poulets, 26 mgr. et dans les foies de poulets, 114 mgr.

Il semble bien que le foie ait un rôle privilégié dans l'organisation de cette réserve. Un certain nombre d'arguments peuvent être donnés à l'appui de cette thèse.

a) Une solution de lactate de fer à 1 %, injectée dans une veine périphérique, tue l'animal à la dose de 0 gr. 40 par kilog d'animal. La même solution injectée dans la veine porte n'amène la mort qu'à la dose de 1 gr. 19 par kilog.

b) Une solution de sels de fer introduite dans l'organisme en quantité anormale provoque un dépôt de fer dans le foie qui représente 56 à 66 % de la quantité ingérée (Gottlieb).

c) Le fer du foie diminue au cours des anémies par saignées (Fontès et Thivolle).

Cette réserve hépatique n'est pas forcément liée à la genèse de l'hémoglobine. Le fer se retrouve en effet prépondérant dans le foie des céphalopodes dont le sang n'a cependant pas de fer.

En outre, le sérum circulant contient une certaine quantité de fer anorganique qui sert sans doute à établir la liaison entre ces différentes réserves :

1° Boussingault, en 1875, sur du sérum de vache, trouva une dose de 86 mmg. 3 de fer par litre.

2° Hausermann, en 1899, fit trois mensurations :

— une première sur 103 grammes de sérum de cheval ne révéla pas de fer en quantité dosable ;

— une seconde, sur 102 gr. 5 de sérum de veau, donna 10 mmg. par litre ;

— une troisième réalisée sur 102 gr. de sérum de bœuf donna 7 mmg. 8 par litre.

3° Fontès et Thivolle, en 1925, trouvèrent sur du sérum de cheval normal, 3 mgr. de fer par litre et sur du sérum de cheval anémié 1 mmg. de fer par litre.

4° En 1927, Henriques et Mme Andrée Roche, dosant le fer par la méthode au chlorure de titane et déduisant des chiffres trouvés les valeurs de fer hémoglobinique décelés par un dosage de l'hémoglobine au moyen de son spectre, trouvèrent les chiffres suivants exprimés en mmg. par litre :

Lapin : 3,1, 2,8; Chat : 2,61, 3,36; Cheval : 2,28, 1,71, 2,4; Chien : 1,19; Porc : 2,4, 1,92.

2° Le fer agent de transport de l'oxygène :

Le rôle du fer contenu dans la molécule d'oxy-hémoglobine est trop classiquement connu pour que nous ayons besoin d'insister ici. Nous dirons seulement que l'oxygène prélevé au niveau des poumons sous sa forme inactive est rendu aux tissus sous la même forme inactive moléculaire, c'est donc un rôle

essentiellement de transport, sans activation chimique de l'oxygène transporté.

Nous n'insisterons que sur un point qui pourrait être particulièrement intéressant au point de vue hydrologique.

On admet aujourd'hui qu'il n'existe pas une, mais plusieurs hémoglobines variant d'une espèce animale à l'autre, d'un sujet à l'autre dans une même espèce et pouvant, chez un même sujet, subir des modifications au cours de certaines anémies.

L'étude cinétique du dédoublement de l'hémoglobine en ses deux constituants permet de distinguer différents types d'hémoglobine. Notamment chez l'homme, on peut décrire deux types d'hémoglobine : un type foetal qui se détruit lentement et un type de l'homme adulte qui se détruit rapidement.

La technique d'étude est indiquée par von Krüger : on verse 5 cc. d'une solution d'hémoglobine dans une cuve spectroscopique, on ajoute 1 cc. d'une solution de soude N/4. On mesure au spectroscope le temps qui s'écoule jusqu'à la disparition des deux bandes d'absorption de l'oxyhémoglobine. La destruction de l'hémoglobine du nouveau-né se fait environ en 110 minutes; pour l'homme adulte, le temps de décomposition est d'environ 40 à 50 secondes. On voit que l'hémoglobine du nouveau-né se détruit cent fois plus lentement environ que celle de l'adulte.

Pendant les neuf premiers mois de la vie, l'hémoglobine de l'enfant évolue vers celle de l'adulte. A neuf mois les deux hémoglobines, celle de l'enfant et celle de l'adulte sont semblables.

Chez les animaux, le temps de destruction est assez long par rapport à l'homme. D'après von Krüger, il est de 20 à 28 minutes pour le lapin, 77 à 80 minutes pour le cheval, 137 minutes pour le cobaye, 24 heures pour la génisse.

Von Krüger et Gerlach notent aussi un allongement important chez le lapin fréquemment ponctionné. Des ponctions répétées chaque jour de 5 cc. de sang amènent une durée de destruction augmentée de 70 % dans certains cas. Par contre, des hématomes réalisés par des injections sous-cutanées de sang ne modifient pas la résistance. On en conclut à une modification de la nature de l'hémoglobine dans les anémies par saignées.

Haurowitz cependant ne note pas de différence entre l'homme normal et le sujet atteint d'anémie pernicieuse, d'anémie aplastique et d'anémie secondaire.

Nous avons recherché sur des lapins traités par l'eau de la source Dominique de Vals, la durée d'hydrolyse de l'hémoglobine, nous avons trouvé une durée moyenne de 20 minutes à la fois chez les animaux traités et chez les témoins. Nos résultats sont donc négatifs .

3° Le fer agent d'oxydation tissulaire :

L'oxygène ainsi apporté aux tissus est, nous l'avons vu, un oxygène moléculaire inactif. Sa liaison avec l'hydrogène provenant de la destruction des diverses molécules exige tout d'abord son activation, le fer

sera là encore, l'agent de cette transformation, il prendra des molécules d'oxygène inutiles parce qu'inactives et en fera de l'oxygène actif utilisable pour les combustions. Ce rôle du fer est au moins aussi important que celui du transport de l'oxygène car à quoi servirait d'apporter aux tissus de l'oxygène, si ces tissus ne peuvent l'utiliser pour leur combustion. On peut discuter sous quelle forme chimique se trouve le fer qui réalise ces transformations.

Il semble résulter des travaux de Warburg, que le fer anorganique peut *in vitro* jouer le rôle de catalyseur d'oxydation. Ces travaux sont considérables, il est bien difficile de les résumer en peu de mots. Cet auteur a montré par exemple que le fer adsorbé sur du charbon est capable de catalyser l'oxydation des acides aminés. Par ailleurs *in vivo*, un certain nombre de substances introduites dans une cellule diminuent sa respiration. Ces substances sont : l'acide arsénieux, l'hydrogène sulfuré, l'acide cyanhydrique. Ce dernier n'agit pas sur les ferments hydrolisants, mais semble influencer de façon spécifique les actes respiratoires. Il semble donc qu'il doive réagir spécifiquement sur le catalyseur d'oxydation. Le fer semble tout désigné par ses propriétés chimiques pour rendre compte de pareilles actions.

C'est à une action semblable qu'il faut sans doute attribuer les résultats trouvés par Piéry, Enselman et Mlle Petel au moyen d'une eau minérale ferrugineuse (Charbonnières, Rhône).

On peut étudier l'action des eaux ferrugineuses sur la respiration tissulaire au moyen de l'appareil de

Warburg, à condition cependant que ces eaux ne dégagent pas ou ne dégagent que des quantités extrêmement faibles d'anhydride carbonique. On trouvera la description de cet appareil dans la thèse de Mlle Petel, thèse de Pharmacie faite au laboratoire d'Hydrologie de la Faculté de Médecine de Lyon. MM. Piéry, Enselme et Mlle Petel ont utilisé ce dispositif pour l'étude de l'eau de Charbonnières (Rhône). Dans la cuve en expérience, on place de l'eau minérale en présence de cellules étudiées ; les auteurs ont utilisé des cellules nucléées d'oies. Dans la cuve témoin, on place du sérum physiologique en présence d'une même quantité des mêmes cellules. La comparaison des intensités respiratoires est faite en notant au moyen d'un manomètre, la quantité d'oxygène absorbée de part et d'autre et en utilisant, pour l'expression de l'intensité respiratoire, la formule de Warburg. Ces auteurs ont ainsi trouvé que l'eau ferrugineuse étudiée augmente les oxydations tissulaires lorsqu'elle est utilisée immédiatement après son prélèvement au griffon. Ces oxydations supplémentaires se ralentissent peu à peu, de telle sorte qu'à la huitième heure après la sortie du griffon, les oxydations cellulaires sont redevenues normales. A ce moment, l'eau a largement floculé, donnant un dépôt d'hydroxyde de fer semblable à celui que l'on trouve dans le griffon, ce dernier étant d'ailleurs assez riche en arsenic. A partir de la huitième heure, l'eau diminue les oxydations tissulaires et se comporte comme une solution de perchlorure de fer. Il est probable que cet arrêt est provoqué par le dépôt de sels de fer insolubles sur la

paroi cellulaire. Ces dépôts provoquent une imperméabilité de la cellule.

On le voit, le fer anorganique peut catalyser les oxydations tissulaires, les catalyse-t-il en fait, dans des conditions thérapeutiques, il est bien difficile de le dire.

Il apparaît cependant comme probable que le véritable catalyseur des oxydations tissulaires est constitué par des molécules organiques contenant du fer.

La plus importante d'entre elles est le cytochrome de Keilin. Le matériel d'extraction pour l'étude de ce corps que Keilin désigne sous le nom de cytochrome, mais qui est le même que celui que Mac Munn avait appelé myochrome, est fourni par des muscles thoraciques de l'abeille.

Des spécimens d'abeilles sont refroidis à -7° C. et traités rapidement. La tête et l'abdomen sont coupés et par compression latérale du thorax avec les doigts, les muscles thoraciques sont énucléés en une seule masse à travers une ouverture antérieure du thorax. Les muscles de deux à trois abeilles comprimés entre lame et lamelle sont examinés au microspectroscope de Zeiss.

On voit alors un spectre caractéristique composé de quatre bandes, qui, pour des concentrations modérées du produit dans le muscle, ont les positions suivantes (en μ) : a = 614—593 ; b = 567—571 ; c = 554—546 ; d = 531-513.

Le cytochrome peut être préparé depuis la levure du boulanger qui en contient une certaine quantité.

L'étude des cytochromes préparés par diverses mé-

thodes a permis de distinguer différentes formes de ce corps que l'on désigne par les lettres : a, b, c.

Keilin a montré l'action biologique du cytochrome par les expériences suivantes :

— Le cytochrome c purifié de ses impuretés métalliques ne catalyse pas l'oxydation de la cystéine ;

— Du muscle cardiaque on peut extraire une oxydase qui, sans cytochrome ou sans composé hématique, n'oxyde pas la cystéine.

— Par contre, on peut, par un mélange de l'oxydase du muscle cardiaque et du cytochrome c de la levure, obtenir un système oxydant la cystéine.

— L'uréthane est sans action sur ce système d'oxydation. Keilin pense d'ailleurs que l'uréthane inhibe les respirations en agissant sur les systèmes de déshydrogénation de la cellule.

— L'acide cyanhydrique (0,001 M), le sulfure de sodium (0,001 M) inhibent par contre ce système.

A côté du cytochrome, il convient sans doute de faire une place à l'hémoglobine musculaire dont l'identité a été établie de 1932 à 1934 par Théorell et qui a été préparée par Watson en 1935 en partant du tissu musculaire. Elle donne une bande d'absorption un peu différente de l'hémoglobine du sang, la position étant pour l'hémoglobine du sang à 5767 Å° et pour l'hémoglobine du muscle à 5800 Å°.

On le voit, tout un système de molécules organiques à base de fer semblent assurer, au niveau des tissus, l'activation de l'oxygène.

CHAPITRE III

ETUDE BIO-HYDROLOGIQUE DE LA SOURCE DOMINIQUE ⁽¹⁾

Nous basant sur les résultats exposés dans le chapitre précédent, nous avons établi le plan d'une série d'expériences destinées à mettre en évidence le rôle possible des eaux minérales sur la formation de ces réserves ferrugineuses des tissus dont le rôle nous apparaît maintenant considérable. Pour cela nous avons institué un assez grand nombre d'expériences, utilisant des animaux de types variés.

Nos études ont porté tantôt sur des animaux normaux, tantôt sur des animaux dont le système hématopoiétique avait été excité par des saignées répétées. Nous avons délibérément écarté d'une part la plupart des anémies provoquées car nous avons pensé qu'elles s'éloignaient par trop des types d'anémies spontanées observées chez l'homme, et d'autre part, les anémies ferriprives, car nous avons pensé que leur guérison par l'apport d'eau ferrugineuse ne constituerait qu'un fait banal et sans signification précise, l'anémie ferriprive devant forcément dispa-

(1) En collaboration avec M. le Professeur agrégé Enselme.

raître au moment où l'on rend du fer et d'autre part, la guérison étant trop rapide pour permettre une comparaison entre les effets de l'eau minérale et ceux des autres médications ferrugineuses.

1° Recherches concernant les poissons :

Nous rapportons ici les résultats obtenus sur deux lots composés chacun de sept poissons.

Un premier lot sert de témoin, l'autre est plongé dans de l'eau de la source Dominique de Vals-les-Bains pendant 12 jours. Les résultats sont les suivants :

Lot témoins. Poids des sept poissons frais : 9 gr. 673; poids des sept poissons secs : 2 gr. 882.

Soit 70 % d'eau.

Fer total : 0,140 ‰ de tissu sec.

Fer « anorganique » : 0,04666 ‰ de tissu sec.

Lot traité. Poids des sept poissons frais : 7 gr. 29; poids des sept poissons secs : 2 gr. 21.

Soit 65,5 % d'eau.

Fer total : 0,245 ‰ de tissu sec.

Fer « anorganique » : 0,1018 ‰ de tissu sec.

On voit que :

- l'eau est pratiquement inchangée ;
- le fer total est augmenté de 75 % ;
- le fer « anorganique » est augmenté de 118 % ;
- le fer « organique » est augmenté de 53 %.

Cette étude présente un inconvénient en ce sens que les ingestions qui lui correspondent ne sont point

celles d'une cure, mais elle est extrêmement expressive et montre les possibilités de fixation.

2° Recherches concernant les poulets :

A. — ETUDES DES FOIES DE POULETS.

Nous avons fait trois lots : un premier lot est constitué par trois animaux témoins ; un deuxième lot est constitué par quatre animaux ayant reçu chacun 20 cc. d'eau chaque jour pendant 21 jours et sacrifiés deux jours après la cessation du traitement ; un troisième lot est formé par deux animaux ayant subi le même traitement que les précédents, mais sacrifiés seulement 10 jours après la cessation du traitement. Le tableau suivant, dans lequel le fer est exprimé en mmgr. par kilog. de foie sec, résume nos résultats.

FOIES DE POULET

		<i>Eau</i> %	<i>Fer</i> <i>total</i>	<i>Fer</i> <i>organique</i>	<i>Fer</i> <i>anorganique</i>
1 ^{er} LOT	1	73	340	204	136
Animaux témoins.	2	74	322	262	60
	3	72	203	55	148
Moyennes		73	288	174	114
2 ^e LOT	1	71	355	243	112
Animaux traités...	2	73	469	315	154
	3	69	369	212	157
	4	75	369	217	152
Moyennes		72	390	247	144
3 ^e LOT	1	75	322	171	151
Animaux traités...	2	70	326	170	156
Moyennes		72,5	324	170	153

L'eau est inchangée.

Toutes les formes de fer sont au contraire très augmentées.

Le fer anorganique est augmenté de 20 %.

Le fer organique est augmenté de 42 %.

B. — ETUDES DES MUSCLES DE POULETS.

		<i>Eau</i> %	<i>Fer</i> <i>total</i>	<i>Fer</i> <i>organique</i>	<i>Fer</i> <i>anorganique</i>
Témoin.....		74	57,16	30,56	26,6
En expérience.....	1	73,6	58,30	35,86	22,5
	2	72,2	77	49	28
	3	74,2	65,3	33,1	32,2
	4	75	57,16	29,16	28
Moyennes		74	64,4	37	28

Ces chiffres sont donnés en milligrammes par kilog de substance sèche.

On voit alors que l'eau n'a pas varié ; les animaux traités ont, au contraire, une augmentation de toutes les formes du fer. Cette augmentation est d'environ 23 % pour le fer organique et de 5 % seulement pour le fer « anorganique ». Il semble donc que l'augmentation porte surtout sur les formes actives du fer.

3° Recherches concernant les lapins :

Onze lapins ont été étudiés ; tous recevaient une même nourriture constituée par un mélange de son,

d'avoine à laquelle on ajoutait parfois un peu de verdure en très faible quantité. Le tout était bien mélangé et réparti de façon homogène.

Tous ces animaux ont subi trois ponctions intracardiaques enlevant chacune 20 cc. de sang. Ces ponctions étaient répétées tous les quatre jours.

Les animaux ont été divisés en deux lots :

1° Un lot *témoin* comprenant lui-même une sous-division :

a) Deux animaux, les n^{os} 7 et 8, recevaient une injection de 40 cc. d'eau ordinaire chaque jour.

b) Trois animaux, n^{os} 9, 10 et 11, ne recevaient pas d'injection.

Tous les animaux de ce lot recevaient en boisson de l'eau à discrétion.

2° Un lot d'animaux traités, lui-même divisé en deux groupes :

a) Deux animaux n^{os} 1 et 2, recevaient chaque jour une injection intrapéritonéale d'eau de la source Dominique, injection de 40 cc. faite au griffon.

b) Les animaux n^{os} 3, 4, 5 et 6 ne recevaient pas d'injection.

Tous les animaux de ce lot ne recevaient en boisson que de l'eau de la source Dominique qui leur était donnée à volonté.

Des examens furent pratiqués :

1° Sur le sang : des numérations des globules eurent lieu immédiatement après la troisième ponc-

tion intracardiaque, trois jours après, et, six jours après.

Les animaux furent sacrifiés au sixième jour après la dernière ponction intra-cardiaque, le foie et les muscles furent prélevés et immédiatement traités dans le but d'un dosage du fer.

Le tableau suivant schématise nos résultats.

NOMBRE DE GLOBULES ROUGES

Traités	N°	7 h. après la 3 ^e prise	6 ^e jour après	Fe. du sang à la 3 ^e saignée	Fe. du sang 6 jours après	Fe. du foie 6 jours après	Fe. du muscle 6 jours après
LOT I Eau ingérée et eau injectée dans le pé- ritoine	1	4.960.000	6.900.000		0,440	0,85	0,295
	2	3.472.000		0,298	0,330	0,99	0,441
	3	4.867.000	6.500.000		0,430	0,49	
LOT II Eau ingérée. Pas d'injection...	4	3.900.000	5.332.000	0,42	0,458	0,35	0,069
	5	3.250.000	4.900.000	0,385	0,385	0,335	0,045
	6	3.800.000	5.580.000	0,360	0,430	0,37	0,106
MOYENNES		4.041.000	5.842.000	0,366	0,412	0,54	0,111

NOMBRE DE GLOBULES ROUGES

Témoïn	N°	7 h. après la 3 ^e prise	6 jours après	Fe. du sang à la 3 ^e saignée	Fe. du sang 6 jours après	Fe. du foie 6 jours après	Fe. du muscle 6 jours après
Eau ingérée et in- jectée	7	3.600.000	5.208.000	0,385	0,385	0,26	0,058
	8	4.090.000	4.836.000		0,350	0,27	0,198
	9	4.200.000	6.300.000	0,316	0,441	0,32	0,025
Eau ingérée seule...	10	5.800.000	6.200.000	0,437		0,37	0,039
	11	4.770.000	5.300.000	0,402	0,450	0,37	0,057
Moyennes		4.472.000	5.568.000	0,385	0,406	0,353	0,075

Interprétation des résultats

Si l'on compare l'enrichissement en globules et en fer du sang chez les animaux traités et chez les animaux non traités, on obtient les résultats suivants :

Globules rouges

Traités : gain de 1.801.000, soit.....	44,5 %
Témoins : gain de 1.086.000, soit.....	24,27 %
Différence.....	20,23 %

Fer sanguin

Traités : gain de 0 gr. 046 ‰, soit....	12,50 %
Témoins : gain de 0 gr. 021 ‰, soit....	6,26 %
Différence.....	6,24 %

Ainsi l'eau ferrugineuse a favorisé la réparation globulaire en augmentant la production des globules et du fer globulaire.

Par ailleurs, au niveau des tissus, on ne peut comparer les actions qu'au sixième jour après que l'on a sacrifié tous les animaux témoins ou traités. Le tableau suivant schématise les résultats obtenus : ,

Fer hépatique

Traités 0,540 %,

Témoins 0,353 %,

soit une augmentation de 53 %.

Fer du muscle

Taités 0,111 %,

Témoins 0,075 %

soit une augmentation de 48 %.

ETUDE CINÉTIQUE DU DÉDOUBLEMENT DE L'HÉMOGLOBINE
EN SES ÉLÉMENTS CONSTITUANTS

On sait que Krüger a montré que l'hémoglobine s'hydrolise sous l'action de la soude N/4 avec des vitesses différentes dans certains cas : chez le lapin il a trouvé des chiffres de 20 à 29 minutes. Il a noté un allongement chez les lapins ayant subi des ponctions de 5 cc. répétées chaque jour.

Il en conclut à l'existence de différents types d'hémoglobine.

Nous nous sommes demandés si les temps d'hydrolyse ne varieraient pas avec le traitement. Nous avons mesuré ces temps par la méthode de Krüger et nous avons trouvé un même chiffre de 25 minutes chez les animaux témoins et chez les animaux traités.

CHAPITRE IV

ETUDE DES EFFETS CLINIQUES DE LA SOURCE DOMINIQUE

La source Dominique est utilisée dans diverses affections :

1° LA SOURCE DOMINIQUE DANS LES ANÉMIES.

Les indications sont classiques des eaux ferrugineuses dans les anémies, c'est surtout dans les anémies hypochromes qu'elles paraissent indiquées. Cependant d'une part, l'amélioration clinique dépasse bien souvent l'amélioration observée dans les examens cytologiques du sang; et d'autre part, il est un certain nombre d'affections du type lymphatique qui ne s'accompagnent que d'un abaissement discret du nombre des globules et de la valeur globulaire et qui trouvent cependant une amélioration sensible à l'usage des eaux ferrugineuses. On peut se demander si, dans ces cas, l'action thérapeutique réalisée par le fer ne se produit pas plutôt au niveau des tissus qu'au niveau du sang; il est à peu près impossible de dire actuellement si dans ces affections le système tissulaire d'activation de

l'oxygène est ou n'est pas lésé, ces anémies sont généralement bénignes et l'occasion manque d'analyser des muscles prélevés à l'autopsie. Les 10 à 15 gr. de muscle que réclame une analyse correcte, ne permettent pas les prélèvements par biopsie. Les résultats expérimentaux rapportés précédemment montrent cependant qu'il y a là un point d'activité particulièrement important pour les eaux ferrugineuses.

2° LA SOURCE DOMINIQUE DANS LE DIABÈTE. — L'efficacité de la cure de Vals dans le diabète est connue depuis longtemps.

Charvet écrivait déjà en 1865 :

« Le nombre des diabétiques qu'il nous est donné d'observer à Vals est considérable ; nous avons chaque année la satisfaction de voir revenir la plupart de ces malades sinon guéris, du moins satisfaits de l'amélioration de l'année précédente. Cette amélioration consiste en un développement d'appétit, la soif diminue promptement, la bouche est moins sèche, les forces générales meilleures, la peau plus souple, le sucre moins abondant, en un mot, on voit s'amender assez vite chacun des signes qui caractérisent cette maladie. »

Quelles sont les eaux utilisées dans le diabète ?

Elles sont de trois sortes :

- arsénicales,
- alcalines,
- diurétiques.

Ces trois types d'eaux existent à Vals.

Voyons tout d'abord les *eaux arsénicales*.

La Source Dominique, contenant une grande quantité d'arséniate de fer (0,0031 par litre d'eau) doit théoriquement posséder une grande efficacité..

Mais de quelle façon agit l'arsenic dans le diabète ?

1° L'arsenic a-t-il une action antiglycosurique ? Est-il spécifique ?

L'expérience classique de Frerichs, reprise par Quinquaud, qui montrait la disparition ou la diminution de la glycosurie provoquée par la piqûre du quatrième ventricule au cours de l'intoxication arsénicale et semblait prouver que l'arsenic a une action antiglycosurique.

Salkowski a montré que l'arsenic peut faire disparaître la glycosurie au cours de la piqûre du plancher du quatrième ventricule qui ne détermine ainsi plus aucun effet appréciable.

En réalité Raphaël Lépine a bien montré que l'arsenic n'agissait alors qu'à doses toxiques, qu'il ne diminuait la glycosurie qu'à doses très fortes, non à doses médicamenteuses.

L'arsenic en solution préparée n'est donc pas anti-diabétique à la dose thérapeutique. L'arsenic en solution hydrominérale a-t-il des propriétés différentes ?

2° L'arsenic dans le diabète agit comme modificateur de la nutrition.

L'arsenic était déjà préconisé par Devergie et Foville, soit comme tonique vasculaire, soit comme agent d'épargne.

3° Martineau a montré l'utilité de l'association de l'arsenic et de la lithine.

Il apparaît que c'est pour trois raisons essentielles qu'on emploie l'arsenic dans le diabète :

1° L'arsenic, médicament d'épargne, fait baisser le taux de l'urée excrétée (Gilbert).

2° L'arsenic augmente l'appétit et les forces et accroît le poids.

Les montagnards du Tyrol ont un teint beaucoup plus frais, une activité plus grande pendant l'ascension, lorsqu'ils ont pris de l'arsenic.

Les chevaux deviennent plus gras et plus vigoureux sous l'influence du médicament.

3° L'arsenic est le médicament de la diathèse arthritique dont dépend souvent le diabète.

Ces notions étant connues, nous signalerons qu'on enverra à Vals les diabétiques simples, affaiblis, asthéniques, présentant une tendance à l'amaigrissement ; mais les diabètes consomptifs accompagnés d'hyperazotémie ou d'albuminurie forte, de cirrhose, de tuberculose ou de cachexie, de paralysie, sont des contre-indications.

« Dans les formes de diabète simple, le diabétique s'améliore toujours et guérit souvent. » (C. Bressot).

Le Docteur Uzan a bien voulu nous communiquer quelques-unes de ses observations qui viennent à l'appui des propos précédents.

OBSERVATIONS

I. — Un malade arrive à Vals avec une glycosurie de 201 gr. de sucre par 24 heures, une diurèse de 3 L. 200, pas d'acétone.

Mis au traitement suivant :

100 gr. de *Précieuse* à jeun.

3 prises de *Constantine* de 150 gr. entre les repas.

1 prise de 100 gr. de *Dominique*.

Au 15^e jour, diurèse = 3 l.

Glycosurie : 63 gr. 90 par 24 heures.

II. — Un enfant de 4 ans 1/2 ayant du diabète depuis deux ans avec gros foie et poussées d'acidose. Arrive le 10 juillet à Vals avec pour 225 gr. de glucides consommés et 25 unités d'insuline; élimination de 3 gr. 97 de sucre par litre.

Il est mis au même traitement que le précédent et le 4 août pour 250 gr. de glucides consommés avec 19 unités d'insuline, il élimine 7 gr. 54 de sucre par litre.

Les diamètres du foie qui étaient de 16, 17, 12 cm. avant la cure, sont de 13,5, 15,5, 11 cm. après.

III. — *Diabète infantile*. Un enfant de 10 ans ayant à son arrivée un régime composé de 144 gr. de *glucides*, 30 unités d'insuline, a une diurèse égale à 1 l. 750, il élimine 43 gr. 75 de sucre par jour.

Après le traitement précédent, au départ, il a un régime composé de 172 gr. de glucides, 30 unités d'insuline, une diurèse égale à 1, 550. Élimination de sucre = 72 gr. 30 par jour.

IV. — Un malade de 56 ans ayant du diabète et une cataracte.

A l'arrivée : régime avec 118 gr. de glucides.

Diurèse = 2 l. 500.

Elimination de sucre = 117 gr. 50 par jour.

Au départ après le *même traitement, même régime*

118 gr. d'hydrate de carbone.

Diurèse = 2 litres.

Elimination de sucre = 19 gr. par jour.

V. — Un malade de 50 ans présentant un diabète avec polynévrite du membre inférieur droit et acétonurie.

Vu en 1935 avec une diurèse à 2 litres, élimination de 28 gr. de sucre par litre, mis au traitement précédent.

Au départ : diurèse = 1 l. 80 ; acétone = 0.

Sucre = 9 gr. par litre.

Pendant l'hiver 1935-1936, ce malade continue à prendre tous les matins sa dose de Constantine, il passe de 63 k. 850 à 69 kg. 700. A son arrivée pendant la saison d'été :

diurèse = 2 litres,

sucre = 5 gr. par litre.

à la fin de la saison :

diurèse = 2 litres,

sucre = 0.

La polynévrite a disparu.

De 1936 à 1937, il continue son traitement en hiver.

A son arrivée, en été 1937, il élimine 27 gr. 7 par litre. Même traitement.

A la fin de sa cure, il élimine 4 gr. 80 par litre.

En 1938, il arrive avec des traces de glucose.

Au départ : sucre = 0.

Acétone = 0.

Le poids est à 73 kg. 800.

Ces observations prouvent bien l'efficacité de la source Dominique dans le diabète. La glycosurie a toujours baissé, le poids a augmenté, les forces sont revenues, la polynévrite a diminué.

Tous les malades dont nous rapportons l'observation ont subi le même traitement. Ils ont ingéré avec la source Dominique une source bicarbonatée sodique forte : la source *Constantine*.

Nous verrons à propos de l'étude de cette source, l'efficacité de la cure alcaline dans le diabète.

Les sources de Vals présentent donc un grand intérêt dans le traitement du diabète, du point de vue hydrominéral puisqu'elles associent à la cure alcaline la cure arsénicale.

Cependant, nous tenons à le signaler, la cure thermique n'exclut pas le régime, tant s'en faut, elle le complète, elle le rend plus utilisable, elle peut parfois en permettre l'élargissement. Elle n'exclut pas non plus la cure insulinique, leur union peut même devenir féconde dans certains cas, comme le témoignent nos observations.

3° LA SOURCE DOMINIQUE DANS LE PALUDISME.

Mais à côté de son efficacité dans le diabète, la Dominique agit aussi dans le paludisme : « Depuis la guérison en 1602 de ce moine dominicain, le Père Thomas,

d'une fièvre quarte rebelle par l'injection d'eau de la source Dominique, la réputation de cette source n'a fait que croître. » (Uzan).

Arnaud affirmait : « J'ai été témoin des merveilles que la Dominique opère dans les fièvres quartes, entre autre, en l'année 1870, elle procura une parfaite guérison à un Monsieur de Montpellier qui avait cette fièvre depuis environ un an. »

Depuis longtemps on connaît l'action de l'arsenic dans le paludisme. Boudin administrait 0,10 d'acide arsénieux par jour ; Armand Gauthier utilisait les composés organiques : le cacodylate, l'arrhénal. Nous nous proposons d'étudier l'action de l'arsenic dans le paludisme comme nous l'avons fait pour le diabète.

L'arsenic a-t-il une action anti-parasitaire ?

On a pu constater sous l'influence des composés arsénicaux, la cessation d'accès paludéens.

Nous avons relevé dans un article de Ulmann Apostolon paru dans la *Presse Médicale*, le 31 août 1929, que chez les malades arrivés au stade de splénomégalie accusée, avec hépatomégalie, anémie, la quinine était impuissante. Elle fait juguler les accès dit cet auteur, mais ne guérit pas le paludéen.

Or, le cacodylate de soude à hautes doses aurait une action constante sur les gamètes qu'il détruit, la quinine n'agissant que sur les hématozoaires. L'auteur précité emploie de très hautes doses de cacodylate en injection de 0 gr. 50-1 gr. et même 1 gr. 50 par jour. Il injecte au total 15 à 18 grammes de cacodylate de soude par séries.

D'après lui, après ce traitement, l'anémie a disparu, il n'y a plus ni hématozoaires, ni gamètes dans le sang. La splénomégalie diminue.

« Le cacodylate de soude est vraiment le spécifique du paludisme chronique, même dans sa forme la plus maligne. »

Quoi qu'il en soit, vu les hautes doses utilisées, nous ne saurions comparer les résultats avec ceux que l'on obtient avec la cure par la Dominique, et nous ne voudrions prétendre qu'on arrive avec elle à stériliser le paludéen. Avec les petites doses utilisées en hydrologie et sous la forme d'arséniate de fer, on peut avoir mille doutes sur l'action antiparasitaire de l'arsenic. Il est absolument certain qu'on ne peut nier son action antianémique, son influence reconstituante qui s'adresse aux organes hématopoïétique. L'arsenic thermal amène en effet la régression de la splénomégalie, prépare la réparation de l'anémie et la reconstitution de l'état général et exerce une action réelle sur l'hépatite palustre.

La présence de fer dans la Dominique est encore une nouvelle raison d'expliquer son efficacité dans le paludisme. Le paludisme est une maladie du sang. L'anémie en est la première conséquence. Le traitement thermal de l'anémie par le fer et l'arsenic est réalisé par la Dominique.

Nous concluons avec Lermogant : « Aucune affection parmi les maladies chroniques, n'est plus justifiable des cures thermales que le paludisme. »

TROISIÈME PARTIE

LA SOURCE CONSTANTINE

CHAPITRE PREMIER

La source Constantine est une des sources bicarbonatées sodiques des plus classiques du Bassin de Vals. Nous relevons dans le travail d'Uzan les quelques renseignements relatifs à sa composition que voici :

Extrait sec à 180°	= 6,10 %	Ca	= 0,0509 %
CO ² libre	= 2,125 %	Mg	= 0,06 %
CO ³ HNa	= 8,3666 %	Fe	= 0,007 %
Na	= 2,9 %	K	= 0,041 %

Les études que nous avons poursuivies relativement à cette source sont encore peu avancées et nous ne pouvons donner que quelques indications en quelque sorte préliminaires.

CHAPITRE II

ETUDES BIO-HYDROLOGIQUES DE LA SOURCE CONSTANTINE

Deux points ont été déjà étudiés :

1° ETUDE DE L'ACTION DES EAUX DE CONSTANTINE SUR LA CHOLESTÉROLÉMIE

Afin de déceler des mouvements de rétention ou d'élimination ou même de destruction du cholestérol total de l'organisme : MM. Piéry et Enselme ont traité deux lots de souris alimentées par du pain. Le premier lot recevait de l'eau ordinaire, le deuxième lot recevait de l'eau de la source Constantine à discrétion.

Chaque souris a été ensuite sacrifiée, découpée en fine lamelle, extraite pendant plusieurs heures à l'appareil de Kuma Gawa et Suto et sur le produit d'extraction, le cholestérol total a été dosé.

Les résultats obtenus sont négatifs.

EAU ORDINAIRE

SOURCE CONSTANTINE

Souris N ^{os}		Cholestérol par kilog.	Souris N ^{os}	Poids après expériences	Cholestérol par kilog.
1	23,00	2,83	8	19,12	1,08
2	26,65	2,88	9	17,20	3,66
3	22,47	2,90	10	18,32	2,11
4	23,45	2,76	11	22,40	2,17
Moyennes	23,89	2,84	Moyennes	19	2,40

2° ETUDE PHYSIOLOGIQUE DE CERTAINS EFFETS
DE LA SOURCE CONSTANTINE

Nous avons étudié l'action de l'eau de la source Constantine sur la sécrétion biliaire du chien porteur d'une fistule vésiculaire permanente et totale.

Les effets de cette eau minérale ont été étudiés en comparaison avec ceux de l'eau distillée.

L'eau distillée et les eaux minérales ont été administrées par périodes alternées de six jours à la dose quotidienne de 300 cc. pour deux chiens et de 100 cc. pour un autre.

Les trois animaux dont nous rapportons ci-après les protocoles d'expériences se sont maintenus pendant plusieurs mois en état de nutrition générale satisfaisant, ainsi qu'en témoigne leur courbe de poids.

D'autre part, une technique bien au point nous a permis de recueillir à quelques centimètres cubes près, la totalité de la bile quotidiennement sécrétée par eux et d'en mesurer avec exactitude le volume.

Nous avons également dosé le résidu sec, les sels biliaires, et le cholestérol.

Dans les trois tableaux suivants, sont consignés les chiffres moyens enregistrés par 24 heures pour chaque période d'eau distillée ou d'eau minérale.

Chien n° 28, opéré le 18 nov. 1937 (Dr Milhaud), anesthésie au chloralose. Fistule vésiculaire permanente totale (résection du cholédocque entre deux ligatures).

Poids le 29 novembre 1937 : 16 kg. 800.

Poids le 6 mai 1938 : 17 kg.

Dates Eau ingérée	Volume de bile	Résidu gr. par jour	Sels biliaires en gr. d'ac. cholalique par jour	Chol stérol en grammes
Eau distillée 300 cc. Du 7 au 12 mars 1938....	155 cc.	5 gr. 61	1 gr. 27	0 gr. 048
Vals Constantine, 300 cc. Du 14 au 17 mars 1938.	144 cc.	4 gr. 89	1 gr. 26	0 gr. 039
Eau distillée, 300 cc. Du 21 au 26 mars 1938....	148 cc.	5 gr. 96	1 gr. 34	0 gr. 037
Vals Constantine, 300 cc. Du 24 mars au 24 avril 1938	136 cc.		1 gr. 15	0 gr. 020

Moyennes générales

Eau distillée.....	151 cc. 5	5 gr. 88	1 gr. 30	0 gr. 045
Vals Constantine.....	140 cc.	4 gr. 89	1 gr. 20	0 gr. 034

*Chien n° 30, opéré le 16 janvier 1938 (Dr Milhaud),
anesthésie au chloralose. Fistule vésiculaire perma-
nente totale : résection du cholédoque entre deux
ligatures.*

Poids : 3 février 1938 : 16 kgs.

6 mars 1938 : 16 kgs. 300.

Dates Eau ingérée	Volume de bile par jour	Résidu sec par jour	Sels biliaires	Cholestérol
30 au 12 mars, 300 cc....		4 gr. 33	1 gr. 09	0 gr. 025
Eau distillée.....	120 cc.			
14 au 19 mai 1938, Vals Constantine, 300 cc....	127 cc.	5 gr. 43	1 gr. 16	0 gr. 020

*Chien n° 31, opéré le 18 avril 1938 (Dr Milhaud). Fis-
tule vésiculaire permanente totale.*

Poids : 25 avril 1938 : 19 kgs. 100.

3 juin 1938 : 16 kgs. 700.

Dates Eau ingérée	Volume de bile	Résidu sec par jour	Sels biliaires	Cholestérol
Eau distillée, 100 cc. - 2 au 7 mai 1938.....	92 cc.	3 gr. 40	1 gr. 23	0 gr. 015
Vals Constantine, 100 cc. 9 au 14 mai 1938.....	107 cc.	3 gr. 80	1 gr. 17	0 gr. 014
Eau distillée, 100 cc. - 16 au 21 mai 1938	90 cc.	4 gr. 17	1 gr. 37	0 gr. 024
Vals Constantine. 23 au 28 mai 1938	97 cc.	3 gr. 52	1 gr. 41	0 gr. 016

Moyennes

Eau	91 cc.	3 gr. 78	1 gr. 30	0 gr. 019
Vals Constantine	102 cc.	3 gr. 66	1 gr. 29	0 gr. 025

La lecture de ces tableaux fait apparaître :

1° A fortes doses, 300 cc. par jour, l'eau de la source Constantine paraît plutôt modérer la sécrétion biliaire.

Le volume de la bile a diminué de 7,2 %, le résidu sec de 20,2 %, les sels biliaires de 8,3 %, et enfin le cholestérol de 3,2 %.

2° A doses plus faibles, 100 cc. par jour, l'eau de la source Constantine a une action différente sur la sécrétion biliaire, le volume de la sécrétion biliaire a augmenté de 12 %, mais le résidu fixe a diminué de 3,1 %, les sels biliaires et le cholestérol sont restés à peu près inchangés avec légère tendance à la baisse.

En conclusion, il semble donc que l'eau de Vals-Constantine ne possède pas d'action cholérétique, elle aurait plutôt tendance à diminuer la sécrétion biliaire, mais il s'agit là, somme toute, de variations minimes. Il reste bien entendu d'ailleurs que les données précédentes ne sont valables que pour des eaux transportées, administrées aux doses indiquées par voie gastrique et au chien.

Sous cette réserve, ces données semblent en concordance avec les recherches et les observations qu'a rapportées Offant dans sa thèse. Celui-ci a, en effet,

pratiqué des tubages duodénaux chez l'homme, il injectait 60 cc. d'eau de Vals Constantine ou de solution sulfate de Mg tiédie au bain-marie et comparait les résultats obtenus.

Avec l'eau de la Source Constantine, il n'a jamais obtenu de bile C. « malgré des attentes parfois de plusieurs heures ». Offant en conclut : « L'eau de Constantine n'a aucune action cholérétique ».

CHAPITRE III

ETUDE CLINIQUE DE LA SOURCE CONSTANTINE

1° Rôle de la source Constantine dans le diabète

A propos des observations sur le diabète que nous avons citées précédemment, nous avons vu l'efficacité de l'association du traitement des deux sources : Constantine et Dominique.

Nous avons montré la façon dont agirait l'arsenic dans le diabète.

Voyons maintenant comment agissent les alcalins.

1° Les alcalins ont-ils une action antiglycosurique proprement spécifique ?

L'expérience de Dufourt montre en effet qu'à doses très fortes, le bicarbonate de soude met obstacle à la glycogénie.

EXPÉRIENCE DE DUFOURT.

Deux petits chiens semblables subissent le jeûne pendant quatre jours, puis sont nourris avec une quantité exactement mesurée de viande pendant plusieurs jours.

L'un d'eux reçoit 2 à 5 gr. de bicarbonate de soude (dose très forte pour un petit chien).

Après sacrifice des animaux, le foie de ce dernier renferme une quantité de glycogène double de l'autre.

Ehrlich a démontré également que le glycogène hépatique augmente chez les grenouilles qui vivent dans une solution sucrée alcaline ; il n'éprouve pas de modifications si la solution est neutre, il diminue s'il est acide.

Aux doses thérapeutiques utilisées chez les diabétiques, ce sel ne peut sans doute agir de cette façon.

2° L'ACTION SUR LA RÉSERVE ALCALINE constitue un chapitre considérable que nous ne pouvons aborder ici.

Quoi qu'il en soit, la clinique a prouvé la grande utilité des alcalins dans le diabète.

La teneur relativement importante de la source Constantine en bicarbonate de soude (9 gr. par litre) permet donc d'expliquer sa réelle efficacité dans le traitement du diabète. Nous avons vu dans les observations qui précèdent, que les malades avaient été traités à la fois par les deux sources arsénicales et bicarbonatée sodique.

Peut-être qu'il faut aussi envisager ici l'action de la lithine comme le soutenait Martineau (1). Cette question intéressante pourrait nécessiter des travaux ultérieurs.

Avant de terminer ce chapitre clinique, nous voudrions montrer par quelques schémas que nous devons à l'amabilité du Dr Uzan, qui a bien voulu nous les faire connaître.

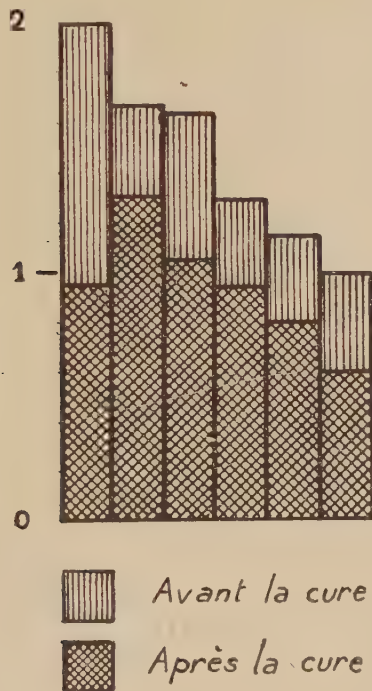
(1) La Constantine contient 0 g. 0,17 de lithine par litre.

L'action de la cure de Vals retentit sur le volume du foie. (Cf schémas.)

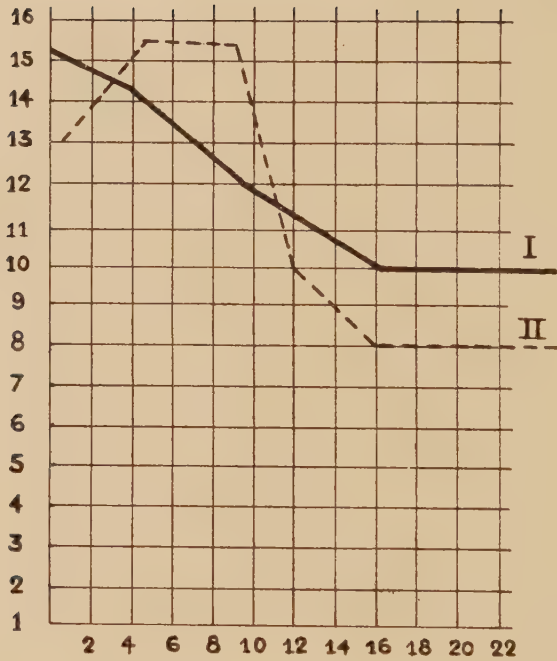
Dans tous les cas, nous le voyons, le volume du foie a diminué après la cure de Vals, dans des proportions relativement importantes.

Nous signalerons de même les variations de la bilirubinémie au cours de la cure de Vals, toujours d'après les observations du Dr Uzan.

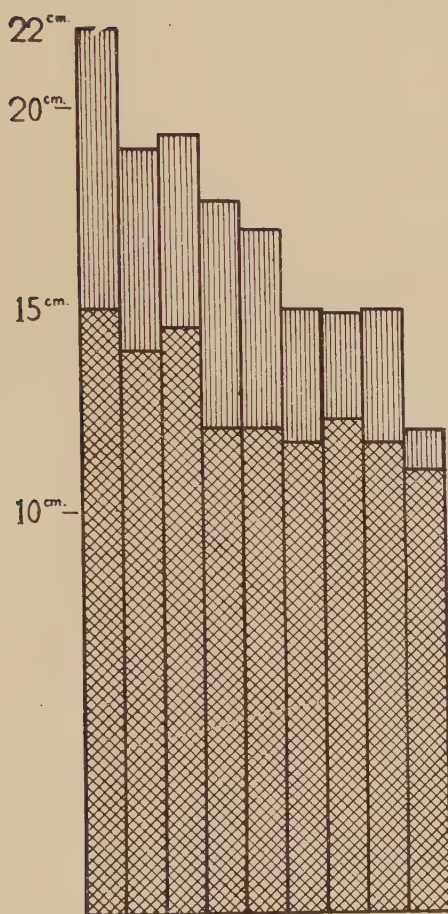
Variation de la bilirubinémie (6 obs.) en milligrammes pour 100



Concentration de la bilirubine dans 100 cc. de sérum, exprimée en dixièmes de milligrammes.



Deux courbes typiques des variations de la bilirubinémie pendant les cures de Vals. La courbe I : femme, 40 ans, migraineuse, cholecsystique fruste; courbe II : homme, colonial paludéen à gros foie congestif, 37 ans.



Action de la cure de Vals (10 obs.) sur la hauteur du foie mesurée radiologiquement sur la ligne mamelonnaire.

CONCLUSIONS

Nous croyons apporter au sujet de l'étude des Eaux de Vals un certain nombre de faits nouveaux :

I. — L'étude d'une roche trouvée au griffon de la source Sophie nous permet de penser qu'une éruption apportant des éléments de type silicieux s'est épanchée dans les failles par où l'eau actuellement se fait jour, elle permet de rattacher l'arrivée des sources aux phénomènes volcaniques si nombreux dans la région.

II. — Nous avons montré l'influence parfois considérable des eaux de la source Dominique, sur le fer tissulaire et nous avons cru pouvoir trouver là une explication d'une partie de son rôle thérapeutique. Le fer tissulaire nous apparaissant comme de plus en plus lié à l'activation de l'oxygène utilisé par les tissus, son augmentation sous l'influence de l'effort physique nous conduit à penser que cette augmentation peut jouer un rôle important dans les échanges tissulaires.

Nous avons montré l'efficacité de la source Dominique dans le diabète.

III. — Il ne nous a pas paru que la source Constantine ait une action sur le cholestérol total des organismes animaux.

IV. — Nous n'avons pas obtenu d'effet cholérétique net chez le chien porteur d'une fistule vésiculaire permanente totale par ingestion d'eau de la source Constantine, administrée loin du griffon.

Vu :

LE DOYEN,

JEAN LÉPINE.

Vu :

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

M. PIERY.

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 13 Mars 1933.

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,

A. LIRONDELLE.

BIBLIOGRAPHIE

- BARKAN (G.). — Eisenstudien I. Zur frage der einwirkung von vedaungsfërzenten auf das haemoglobineisen. *Zeischrift für Physiol. Chem.*, 1925, CXXXVIII, 124-154.
- BOULE (M.). — L'âge des derniers volcans de la France, *La Géographie*, 1906, XIII, 177-194, 275-300, 349-369.
- CHABROL (E.) et SALLET (J.). — La méthode des injections intra-veineuses lentes et continues en hydrologie expérimentale. Application à l'étude des eaux bicarbonatées sodiques. *Paris Méd.*, 1936, p. 334-339.
- DALMAS. — *Itinéraire du géologue et du naturaliste dans l'Ardèche*, in-8, avec pl., Paris. 1872.
- ENSELME (J.). — Notes d'hydro-géologie relatives à la station de Vals-les-Bains. *Bulletin de la Société d'Hydrologie et de Climatologie de France*, janvier 1938.
- FABRE. — *Carte géologique détaillée de la France, feuille de Largentière*, 1889.
- FAUJAS DE SAINT-FOND. — *Recherches sur les volcans éteints du Vivarais et du Velay*, Grenoble et Paris, in-f°, 1778.
- FONTES et THIVOLLE (L.). — Sur la teneur en fer non hémoglobinique du sérum et sur la diminution au cours de l'anémie expérimentale. *C. R. Soc. Biol.*, 1925, XXXXIII, p. 687.

- Dosage exact de l'hémoglobine dans le sang normal et dans le sang anémique. *Le Sang*, 1932, VI, 207-213.
- Recherches expérimentales sur la thérapeutique de l'anémie grave par carence martiale et notamment par hémorragie. 1° Sur l'absorption et l'utilisation hématopoïétique comparée du perchlorure, du caséinate et du sulfocyanate de fer. *Le Sang*, 1933, VII, 209-255. 2° Action du caséinate de cuivre ajoutée au caséinate de fer. *Le Sang*, 1933, VII, 431-354. 3° Action du tryptophane et de l'histidine seuls associés au caséinate de fer et associés aux caséinates de fer et de cuivre. *Le Sang*, 1933, VII, 455-478.
- GIRAUD-SOULAVIE. — *Histoire Naturelle de la France Méridionale*, Paris 1780-1784, 7 vol., in-8.
- GEORGE. — Etude sur l'eau de Vals-la-Reine. *Le Concours Médical*, 1935, p. 2187-2188.
- HAUG (E.). — Sur les dislocations de la bordure du Plateau Central, entre la Voulte et les Vans (Ardèche). *G. R. Ac. Sc.*, 1906, CXXXXIII, 705-708.
- HAUROWITZ (F.). — Ueber physiologisch und pathologisch auftretende Formen des Heamoglobine und seiner Derivate. *Med. Klin.*, 1929, IL, 1894-1896 et 1935-1937.
- Zur Chemie des Blutfarbstoffes. Uber die Spezifität der Haemoglobine und die v. Krügersche Reaktion. *Zetschrift für physiol. Chem.*, 1929, CLXXXIII, 78-87.
- Die Haemoglobine des Menschen. *Ztschrft für physiol. Chem.*, 1935, CCXXXII, 125-145.
- HENRIQUES (V.) et ROCHE (Mme A.). — Sur le fer du sérum sanguin de diverses espèces animales. *Bull. Soc. Chim. biol.*, 1927, 501-504.

- HÉRY (M.). — Le fer en hydrologie. Les méthodes d'exploration biochimique de l'action des eaux ferrugineuses. Etude critique. *Thèse de Pharmacie*, Lyon, 1938.
- JOURDAIN (R.). — Le fer en hydrologie. Les boues ferrugineuses des griffons des eaux minérales. *Thèse de Pharmacie*, Lyon, 1938.
- Cytochrome and Intracellular Oxydase. *Proc. Roy. Soc. B.*, 1930, CVI, 418-444.
- PIÉRY (M.), ENSELME (J.) et JOURDAIN (R.). — Contribution à l'étude des boues ferrugineuses recueillies au griffon des eaux minérales. *Annales de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie* (Collège de France), janvier-juin, 1938, XII, pp. 31-45.
- PIÉRY (M.), ENSELME (J.), LEVANSSEN et DONJON (P.). — Etude comparée de l'influence des sources ferrugineuses et des sources chlorurées sodiques chaudes sur la réparation des anémies par spoliation sanguine. *Bulletin de la Société d'Hydrologie et de Climatologie de Paris*. Sous presse.
- PIÉRY (M.), ENSELME (J.) et PETEL (Mlle S.). — Recherches au sujet de l'influence des eaux minérales sur la respiration tissulaire. Rôle des ions potassium et des ions ferriques. Action d'une eau minérale ferrugineuse. *Compte rendu de l'Académie des Sciences*, 30 mai 1938, t. CCVI, p. 1685.
- PIÉRY (M.), ENSELME (J.) et Mlle PETEL (S.). — Recherches au sujet de l'influence des eaux minérales sur la respiration tissulaire. Rôle des ions Ca^{++} , Mg^{++} et Na^{+} . *C. R. A. S.*, 1938, CCVI, p. 129.
- PETEL (S.). — Contribution à l'étude de la respiration des hématies (technique de Warburg). Application à l'hydrologie. *Thèse Pharmacie*, Lyon, 1937, 236 p.
- ROCHE (J.). — Essai sur la biochimie générale et comparée des pigments respiratoires. *Thèse Science Lyon*, 1936, 174 p.

THOMPSETT (S.-L.). — Studies of the complexes of iron with various biological materiales. *Biochem. J.*, 1934, XXVIII, 1802-1806.

— The copper and inorganic iron contents of human tissues. *Biochem. J.*, 1936, XXIX, 480-486.

URBAIN (P.). — Analyse des eaux minérales de quelques stations des Alpes. Introduction hydroléologique. *Ann. de l'Inst. d'Hydrol. et de Climatol.*, 1930, VII, 1-19.

UZAN (M.). — *Précis médical des eaux de Vals*, 1 vol., 122 p., Paris, 1934, Baillière fils.

WARBURG (O.). — Iron the oxygen-carrier of respiration-ferment. *Science*, 1925, LXI, 575-582.

WARBURG (O.) und KREBS (H.-A.). — Über locher gebundenes Kupfer und Eisen im Blutserum. *Biochem. Z.*, 1927, CLXXXX, 143-149.

WATSON (R.-H.). — Some observations on the estimation of muscle heamoglobin. *Biochem. J.*, 1935, XXIX, 2114-2121.

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS.....	15
-------------------	----

PREMIERE PARTIE. — *Hydrogéologie des sources de Vals.*

CHAPITRE PREMIER.	19
---------------------------	----

I. — Les données classiques concernant la géologie de la région de Vals.....	19
--	----

II. — Recherches personnelles.	27
-------------------------------------	----

III. — Origine de la minéralisation des eaux de Vals.	29
--	----

DEUXIEME PARTIE. — *La Source Dominique*

CHAPITRE PREMIER. — Documents relatifs à la source Dominique.	35
--	----

CHAPITRE II. — Le fer en biologie normale.....	37
--	----

1° Le fer de réserve.....	37
---------------------------	----

2° Le fer agent de transport de l'oxygène.....	39
--	----

3° Le fer agent d'oxydation tissulaire.....	41
---	----

CHAPITRE III. — Etude bio-hydrologique de la Source Dominique.	47
1° Recherches concernant les poissons.	48
2° Recherches concernant les poulets.	49
3° Recherches concernant les lapins.	50
Interprétation des résultats.	55
CHAPITRE IV. — Etude des effets cliniques de la Source Dominique.	57
Observations	61

TROISIEME PARTIE. — *La Source Constantine*

CHAPITRE PREMIER.	69
CHAPITRE II. — Etudes bio-hydrologiques de la Source Constantine.	71
CHAPITRE III. — Etude clinique de la Source Cons- tantine.	77
CONCLUSIONS.	83
BIBLIOGRAPHIE.	85



BOSC FRÈRES, M. & L. RIOU

°° °° °° IMPRIMEURS-ÉDITEURS °° °° °°

°° 42, QUAI GAILLETON, 42 °°

°° °° °° °° LYON °° °° °° °°



